

4. Kapitsa, P., Gavrilov, A. A. (1999). Confirmation of the hypothesis of a natural origin of the Antarctic ozone hole. DAN USSR, 366 (4), 543–546.
5. Farman, J. C., Gardiner, B. G., Shanklin, J. D. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub> interaction. Nature, 315 (6016), 207. doi: 10.1038/315207a0
6. Manney, G. L. et. al. (2011). Unprecedented Arctic ozone loss in 2011. Nature, 12, 9. doi: 10.1038/nature10556
7. Bekoryukov, V. I. (2009). Long-term changes in global ozone // Izvestiya RAN, Physics of the atmosphere and ocean, 45 (5), 607–616.
8. Vitinskii, Y. I., Kopecky, M. A., Kuklin, G. V. (1986). Statistics sunspot. Moscow: Nauka, 201.
9. Dessler (2000). The Chemistry and Physics of Stratospheric Ozone. N-Y and L, Academic Press, 214.
10. Dobson. G. M. B. (1968). 40 Years Research on Atmospheric Ozone at Oxford – A History. Applied Optics, 7 (3), 387–405. doi: 10.1364/ao.7.000387
11. Fesenkov, V. G. (1934) Determining the equivalent thickness of the atmospheric ozone produced in Kupcino. Reports of the USSR Academy of Sciences, 2 (8), 448–449.
12. Database on Total ozone changes. Available at: <http://www.woudc.org>
13. Database on Wolf index changes. Available at: <http://www.gao.spb.ru/database/esai>
14. Kobzar (2006). Applied Mathematical Statistics. Moscow: FIZMATLIT, 816.
15. Skvortsov, V. (2002). Delaunay triangulation and its application. Tomsk. Publishing House of Tomsk State University, 128.

*Дата надходження рукопису 15.02.2015*

**Холопцев Александр Вадимович**, професор, доктор географічних наук, завідувач кафедри, кафедра Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков 7-а, г. Севастополь, 99055

E-mail: [khloptsev@mail.ru](mailto:khloptsev@mail.ru)

**Никифорова Мария Павловна**, кандидат географічних наук, старший преподаватель, кафедра Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков 7-а, г. Севастополь, 99055

E-mail: [maha.ukraine@gmail.com](mailto:maha.ukraine@gmail.com)

УДК 550.84.092.2(477)

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.39388

## ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

© В. Р. Клос, Е. Я. Жовинський, Н. О. Крюченко

*Представлено результати еколого-геохімічних досліджень з оцінки ступеню забруднення ґрунтів міських агломерацій Київської області (на прикладі м. Бориспіль). Встановлено провідні елементи-забруднювачі (Zn, Cu, Pb, Ag, Hg) та їх джерела, розраховано площі забруднення. В рекреаційній зоні міста Бориспіль зафіксовано аномальний вміст Pb (в 150 разів вищий за фоновий) – звалище сміття з останками акумуляторів*

**Ключові слова:** забруднення ґрунтів, геохімічні критерії, функціональні зони, місто Бориспіль, геохімічна формула

*The results of ecological and geochemical investigations to assess the degree of soil contamination of urban agglomerations in Kyiv region (for example, in Boryspil) are shown. The leading polluting elements (Zn, Cu, Pb, Ag, Hg) and their sources are established and area of contamination are calculated. In the recreational area of Boryspil is recorded an abnormal content of Pb (in 150 times higher than background) – garbage dump with the remains of batteries*

**Keywords:** soil contamination, geochemical criteria, functional areas, Boryspil, geochemical formula

### 1. Вступ

Україна є індустріальною державою з розвиненими металургійною, хімічною, машинобудівною, гірничо-видобувною та іншими галузями промисловості і високою щільністю населення, яке концентрується у великих промислових містах. Еколого-геохімічна оцінка міських агломерацій дозволяє найбільш повно оцінити сучасний екологічний стан природного міського середовища, виявити джерела його забруднення, оцінити їх масштаби та небезпечність впливу на довкілля і населення. В адміністративному відношенні м. Бориспіль входить до Київської області

та є районним центром України (населення 59 тисяч жителів) з розвинутою промисловістю. В місті нараховується більше 60 підприємств, загальне газопилове навантаження від яких складає близько 1,8 тис. тонн на рік. Найбільш характерними компонентами газопилових викидів є попіл і сажа від згорання палива, деревний та мінеральний пил, аерозолі лаків і фарб, газові викиди (сірчаний ангідрид, окисли азоту та вуглецю, вуглеводні. Викиди несуть навантаження на навколишнє середовище, в тому числі, ґрунти, функціональні властивості яких знаходяться в прямій залежності від його кількісно-якісних особливостей.

## 2. Постановка проблеми

Метою роботи є розробка наукових основ ефективної оцінки забруднення міських агломерацій Київської області для можливості їх реабілітації та застосуванні для використання. Досягненню цієї мети сприяло вирішення наступних завдань: встановлення типових геохімічних асоціацій, характерних для техногенного забруднення; встановлення меж та природи утворення техногенного геохімічного забруднення міських агломерацій.

Літохімічне опробування поверхневих відкладів проведено за сіткою 250x250 м на протязі 2004–2014 років (Клос В. Р.). Проби поверхневих відкладів відбирались із верхнього шару 5–15 см методом „конверту”. Загальні закономірності геохімічного забруднення було простежено для наступних зон: житлової забудови м. Бориспіль: міського та сільського типів (селітебні зони), промислової забудови (промислові зони), зелених насаджень, парків, луків (рекреаційні зони) і сільськогосподарських земель (зони агроландшафтів).

При еколого-геохімічних дослідженнях визначалися 44 хімічних елемента різними методами аналізу: напівкількісний спектральний, рентген-радіометричний, атомно-абсорбційний та потенціометричний. Забруднення ґрунтів аналізувалося за площею та рівнем концентрації.

## 3. Літературний огляд

Основою сучасних питань про зміну навколишнього середовища в умовах сучасного антропогенного навантаження є наукові дослідження Саета Р. С., Алексєєнко В. О., Головін А. О., Філатов Є. І. та інших [1–3].

Сучасні медичні і екологічні проблеми докіль України, обумовлені геохімічним станом атмо-сферного повітря, вод, ґрунтів розглядаються у працях багатьох вчених, серед яких необхідно відзначити – Г. І. Рудька, О. М. Адаменка, Е. Я. Жовинського [4, 5].

Для встановлення ступеня інтенсивності прояву техногенеза велике значення має визначення фо-

нового вмісту хімічних елементів. На території України цьому питанню присвячено роботи – Б. Ф. Міцкевича, Ю. Я. Сушика, Н. О. Крюченко, І. В. Кураєвої та інших [6].

## 4. Еколого-геохімічна оцінка забруднення ґрунтів

При оцінці ґрунтів було використано комплекс геохімічних критеріїв [4]: коефіцієнт концентрації та сумарний показник забруднення (СПЗ), який є і показником захворюваності населення. Порівняння вмісту елементу у функціональних зонах проведено, чи за фоновим вмістом, чи за вмістом ГДК (гранично допустима концентрація), тобто оцінювання можливого впливу поллютантів на організм.

При аналітичних дослідженнях встановлено валовий вміст хімічних елементів у ґрунтах і розраховано їх статистичні показники (табл. 1).

Закономірності розподілу асоціацій хімічних елементів добре відображене на побудованій карті поліелементного забруднення ґрунтів за значеннями СПЗ з визначенням геохімічного складу техногенних ореолів (рис. 1). Так, головними елементами забруднювачами ґрунтів в м. Бориспіль є Pb, Zn, Cr, вміст яких перевищує ГДК у десятки разів. Поля їх аномального навантаження приурочені до головних автомагістралей та перехресть міста.

В селітебних зонах міст просторові ореоли розсіювання менші за площею ніж в промислових зонах. Забруднення ґрунтів за СПЗ переважно має допустимий рівень забруднення, інколи помірно небезпечний. Джерелами забруднення в селітебних зонах міст переважно є скупчення автотранспорту, окремі побутові підприємства (хімчистки, лікарні, котельні, автотранспортні підприємства). Структура таких техногенних аномалій переважно мозаїчна, але біля окремих джерел викидів (фабрика хімчистки в м. Бориспіль –  $Hg_8-Ag_8-Pb_4-Zn_3-Cu_3$ ) формуються центричні техногенні аномалії. Концентрація елементів в оконтуреній аномалії перевищує їх фонові значення у 8 разів (Hg, Ag).

Таблиця 1

Концентрації мікроелементів у ґрунтах м. Бориспіль, мг/кг

Класи небезпеки	Хімічний елемент	min	max	med	ГДК
I	Cd	<1	30	<1	1
	Zn	20	500	60	55
	Hg	0,0084	0,924	0,03	2,1
	Pb	10	3000	20	32
II	Ba	300	3000	400	200
	V	20	200	60	150
	W	< 1	8	<1	—
III	Co	2	30	8	20
	Cr	30	600	60	100
	Cu	15	150	20	33
	Ni	8	40	25	20
	Sb	<2	—	—	4,5
—	Sn	1	50	3	—
	Ag	0,01	1,0	0,03	—

Примітка: «—» – не встановлено

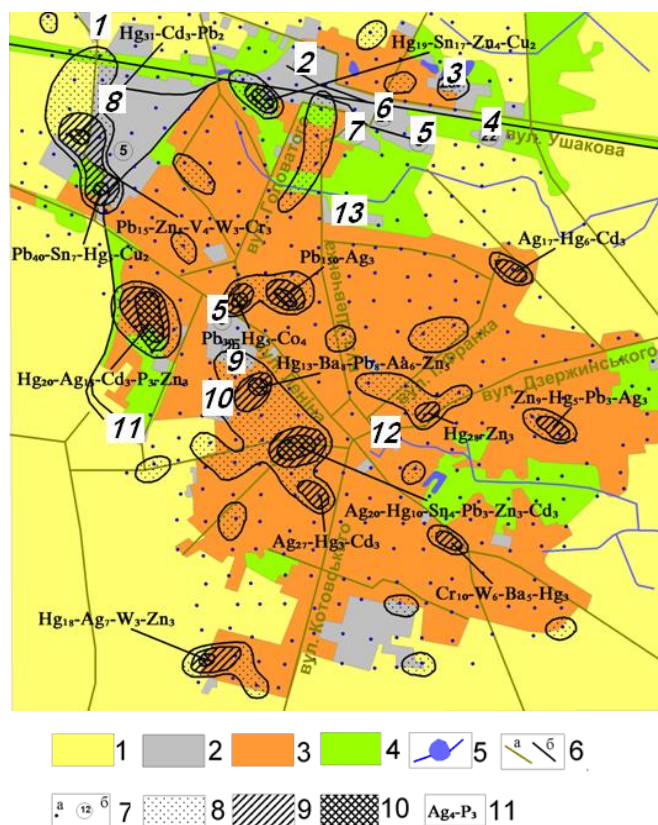


Рис. 1. Поліелементне забруднення ґрунтів територій м. Бориспіль. 1–4 – ландшафтно-функціональні зони (1–сільськогосподарська, 2 – промислова, 3 – селітебна, 4 – рекреаційна); 5 – водойми та річки; 6 – дороги: а – шосейні, б – залізні; 7 – а – пункти відбору літохімічних проб; б – провідні промислові підприємства та їх номер (1 – комбінат будматеріалів, 2 – підприємство «Заготзерно», 3 – підприємство „Укргазбуд”, 4 – ком-бікормовий завод, 5 – автотранспортні підприємства, 6 – хлібокомбінат, 7 – промкомбінат, 8 – будівельне управління, 9 – станція «Райсільгосптехніка», 10 – швейна фабрика, 11 – станція технічного обслуговування автотехніки (СТО), 12 – фабрика ворсових виробів, 13 – завод „Прометей”); 8 – 9 – забруднення за рівнями сумарного показника забруднення (СПЗ): (8 – допустимий, 9 – помірно небезпечний, 10 – небезпечний); 11 – геохімічний склад техногенних ореолів, індекс біля символу хімічного елемента – коефіцієнт концентрації відносно фоновому вмісту

Поля помірно небезпечного рівня забруднення поверхневих відкладів приурочені, як до селітебних та і до промислових зон міських агломерацій.

Концентрація хімічних елементів в цих полях забруднення в 2–10, а за деякими елементами і в 15–20 разів перевищує їх фоновий вміст. Найбільш характерними геохімічними асоціаціями помірно небезпечного рівню забруднення в межах житлової забудови міського типу є:  $\text{Ag}_7\text{-(Zn, Pb, Cu)}_5\text{-(Sn, Mo, Cr, Hg)}_{2-3}$ , де цифра біля символу елемента, його орієнтовний коефіцієнт концентрації в аномальному полі. Для селітебних територій сільського типу забудови характерною є асоціація  $\text{Zn}_5\text{-Pb}_4\text{-(Ag, Cu, Ni, Mo, Li, Sn)}_{2-3}$ , а для міської забудови вздовж автомагістралей та їх перетинів  $\text{Pb}_8\text{-Zn}_4\text{-Cr}_4\text{-(Cu, Ag, Mo, Ba, P, Hg)}_{2-3}$ . Крім того, в межах житлових районів міських агломерацій виділяється ряд геохімічних аномалій приурочених до центрів обслуговування населення. Наприклад, в районі міських лікарень встановлено геохімічну асоціацію  $\text{Ag}_{15}\text{-Hg}_7\text{-Sn}_4\text{-(Pb, Zn, Cu, Cr)}_{2-3}$ . Крім селітебних та промислових зон, поля помірно небезпечного рівня забруднення фіксуються і в рекреаційних зонах, де вони головним чином пов'язані із несанкціонованими звалищами сміття.

Що стосується полів надзвичайно небезпечного рівня забруднення поверхневих відкладів, то вони фіксуються поодинокими точками. В рекреаційній зоні міста Бориспіль - звалище сміття з останками акумуляторів ( $Pb_{150}-Ag_3$ ).

В ході еколого-геохімічних досліджень територій міської агломерації міста Бориспіль встановлено найбільше за площею, асоціацією хімічних елементів та рівнем їх концентрації аномальне поле, яке оконтурює промислову зону в північно-західній частині міста, де знаходяться будівельне управління та автотранспортні підприємства.

Другим етапом досліджень був аналіз забруднення ґрунтів різних функціональних зон. За ландшафтно-функціональним використанням площа житлової забудови м. Бориспіль складає 48,5 % від площі досліджень (30 км<sup>2</sup>), промислових зон – 7,9 %, зелених насаджень, луків та заболоченостей – 8,6 %, городів та орних земель – 35,0 % (табл. 2).

Таблица 2

Забруднення поверхневих відкладів ландшафтно-функціональних зон  
м. Бориспіль

Ландшафтно-функціональні зони	Площа зон у % від площі досліджень	Площа забруднення поверхневих відкладів за рівнями СПЗ у % від площі зони			
		допустимий	помірно небезпечний	небезпечний	надзвичайно небезпечний
селітебна	48,5	11,5	3,0	0,4	0
промислова	7,9	22,0	7,3	4,1	0
рекреаційна	8,6	6,5	1,9	0	0,04
сільсько-господарська	35	2,3	0	0	0

Виділено провідні елементи забруднення (найбільш поширені), другорядні елементи забруднення та елементи які не перевищують флуктуацій природного фону. До провідних елементів забруднення відносяться Zn, Pb, Cu, Hg, Ag (рис. 2).

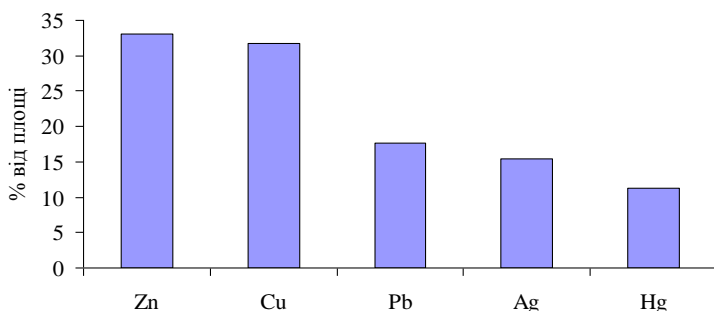


Рис. 2. Графік забруднення ґрунтів провідними хімічними елементами, % від площі

Концентрація цих елементів в місцях забруднення у 2–60 разів перевищує їх фонові значення. Площа забруднення цими елементами охоплює промислову та селітебну функціональні зони міста. Так, забруднення Zn та Cu сягають 30–35 % від площі, тоді як Hg – до 10 %. Концентрація цих елементів в місцях забруднення у 5–40 разів перевищує їх фонові значення.

## 5. Висновки

Результати досліджень дозволили визначити статистичні параметри розподілу хімічних елементів у ґрунтах різних функціональних зон м. Бориспіль. Встановлено провідні елементи-забруднювачі (Zn, Pb, Cu, Hg, Ag) та визначено поля їх аномального вмісту. Оцінка еколого-геохімічного стану ґрунтів та їх картування дозволила встановити джерела забруднення.

## Література

1. Алексеев, В. А. Геохимия ландшафта и окружающая среда [Текст] / В. А. Алексеев. – М.: Недра, 1990. – 168 с.
2. Ревич, Б. А. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами [Текст] / Б. А. Ревич, Ю. Е. Са-ет, Р. С. Смирнова, Е. П. Сорокина. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
3. Жовинский, Э. Я. Геохимия тяжёлых металлов в почвах Украины [Текст] / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева. – К.: Наукова думка, 2002. – 213 с.
4. Буренков, Э. К. Эколого-геохимическое картирование территорий. [Текст] / Э. К. Буренков, А. А. Головин, Е. И. Филатов. – Прикладная геохимия (Геохимическое картирование). М.: ИМГРЭ. В.1, 2000. – С. 105–121.
5. Вступ до медичної геології. Т. 2 [Текст] / под ред. Г. І. Рудька, О. М. Адаменка. – Київ: Академпрес, 2010. – 447 с.
6. Жовинський, Е. Я. Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України [Текст] / Е. Я. Жовинський, І. В. Кураєва, А. І. Самчук та ін. – К.: Логос, 2005. – 104 с.

## References

1. Alekseenko, V. A. (1990). Geokhimiya landshafta i okruzhayushchaya sereda. Moscow: Nedra, 168.
2. Revich, V. A. (Ed.) (1982). Metodicheskie rekomendatsii po geokhimicheskoy otsenke zagryazneniya territorii gorodov himicheskimi elementami. Moscow: IMGRE, 112.
3. Zhovinsky, E. Ya., Kuraeva, I. V. (2002). Geokhimiya tyazhyolyih metallov v pochvakh Ukrainyi. Kiev: Naukova dumka, 213.
4. Burenkov, E. K., Golovin, A. A., Filatov, E. I. (2000). Ekologo-geokhimicheskoe kartirovanie territoriy. Prikladnaya geokhimiya (Geokhimicheskoe kartirovanie), Moscow: IMGRE, 105–121.
5. Rud'ko, G. I., Adamenko, O. M. (2010). Vstup do medychnoi' geologii'. Kiev: Akadempres, 447.
6. Zhovinsky, E. Ya., Kuraeva, I. V., Samchuk, A. I. (Eds.) (2005). Vazhki metaly u g'runtah zapovidnyh zon Ukraïny. Kiev: Logos, 104.

**Клос Володимир Романович**, директор, Український науково-виробничий центр геохімічних досліджень, Державне підприємство «Українська геологічна Компанія», пров. Геофізиків, 10, м. Київ, Україна, 02088  
E-mail: klosv@mail.ru

**Жовинський Едуард Якович**, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач відділу, член-кореспондент НАН України, Відділ пошукової та екологічної геохімії, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України, пр. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, Україна, 03680  
E-mail: zhovinsky@ukr.net

**Крюченко Наталія Олегівна**, провідний науковий співробітник, старший науковий співробітник, доктор геологічних наук, відділ пошукової та екологічної геохімії, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України, пр. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, Україна, 03680  
E-mail: nataliya-kryuchenko@mail.ru